

电视大学 职工大学教材

电力系统继电保护

中央广播电视大学 李立群

华南理工大学 柳占江 西北电业职工大学 张道纲

合 编



内 容 简 介

本书为中央广播电视大学、电业职工大学发电厂及电力系统、电力系统及其自动化专业的教材。全书对电力系统继电保护的基本原理及装置作了系统的分析,介绍了超高压输电线路、大容量机组和母线保护的特点,反映了继电保护新的技术成就。

第一章绪论;第二至八章讲述电网的继电保护和自动重合闸;第九至十一章阐明变压器、发电机和母线的继电保护。

本书还可供高校大专师生及有关专业的科技人员参考。

电视大学职工大学教材

电力系统继电保护

中央广播电视大学 李立群
华南理工大学 柳占江 合编
西北电业职工大学 张道纲

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 27.25印张 620千字

1989年10月第一版 1989年10月北京第一次印刷

印数0001—9690册

ISBN 7-120-00839-0/TM·231

定价5.40元

前 言

本书是水利电力部教育司与中央广播电视大学联合编写的电力系统及其自动化专业四门课程教材之一，是根据1986年5月广州和1986年8月南昌两次教材编写讨论会所定“电力系统继电保护教学大纲”而编写的。该书可作为广播电视大学、职工大学及大学专科电力系统及其自动化、发电厂及电力系统等专业教学用书，也可供大学本科有关专业师生参考。

本书着重于电力系统继电保护的原理分析，并介绍了超高压输电线路和大容量机组保护的特点，也反映了线路和元件保护的某些新原理和新成就。

根据教学大纲的要求，在使用本教材时，各章的课内教学学时建议如下：

1. 绪论 2学时
2. 电网相间短路的电流保护 9学时
3. 电网相间短路的方向电流保护 5学时
4. 电网的接地保护 5学时
5. 电网的距离保护 16学时
6. 电网的差动保护 4学时
7. 电网的高频保护 7学时
8. 线路的自动重合闸 3学时
9. 电力变压器的继电保护 8学时
10. 发电机的继电保护 8学时
11. 母线保护 2学时

书中带有“*”号的内容为非基本部分，可供各校教学时选用。

全书共十一章。其中第一、三、五、七章由中央广播电视大学李立群同志编写；第二、四、八章由华南理工大学柳占江同志编写；第六、九、十、十一章由西北电业职工大学张道纲同志编写。全书由李立群同志统稿。

本书由西安交通大学葛耀中教授主审，为本书提出了宝贵的意见。在编写过程中，还得到电力系统有关部门和兄弟院校的协助和提供资料，在此一并表示致谢。

由于编写人员的水平有限，时间仓促，书中难免有缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

一九八七年十二月

本书符号说明

一、设备、元件、名词符号

B	变压器	WY	稳压管
F	发电机	TQ	断路器跳闸线圈
BH	保护装置	MK	发电机灭磁开关
LH	电流互感器	LJ	电流继电器
YH	电压互感器	YJ	电压继电器
J	继电器	GJ	功率方向继电器
BG	晶体三极管	ZJ	中间继电器
BZ	半导体整流桥	XJ	信号继电器
C	电容器	SJ	时间继电器
$d_1, d_1, \dots$	短路故障点	ZKJ	阻抗继电器
D	二极管、电动机	CJ	差动继电器
DL	断路器	FLG	负序电流过滤器
DKB	电抗变压器	FYG	负序电流过滤器
LB	小型中间变流器	ZCH	自动重合闸
YB	小型中间变压器	ZLH	中间电流互感器

二、电压类符号

E_A, E_B, E_C	系统等效电源或发电机的三相电势
U_A, U_B, U_C	系统任一母线或保护安装处的三相电压
U_{dA}, U_{dB}, U_{dC}	故障点的三相电压
U_{d1}, U_{d2}, U_{d0}	故障点的正、负、零序电压
U_{A1}, U_{B1}, U_{C1}	保护安装处三相的正、负、零序电压
U_{A2}, U_{B2}, U_{C2}	
U_{A0}, U_{B0}, U_{C0}	
U	相电压
E	相电势
U	额定电压
U_p	不平衡电压

三、电流类符号

I_A, I_B, I_C	三相电流	$I_{d,max}$	最大短路电流
-----------------	------	-------------	--------

I_0	相电流	$I_{d\frac{1}{2}min}$	最小短路电流
I_d	短路电流	I_{fh}	负荷电流
I_1, I_2, I_0	正、负、零序电流	$I_{fh\frac{1}{2}max}$	最大负荷电流
I_{dA}, I_{dB}, I_{dC}	故障点的三相电流	I_e	额定电流
I_{A1}, I_{B1}, I_{C1}	三相中的正、负、零序电流	$I_{e\frac{1}{2}}$	变压器的额定电流
I_{A2}, I_{B2}, I_{C2}		$I_{e\frac{1}{2}}$	发电机的额定电流
I_{A0}, I_{B0}, I_{C0}		I_{bp}	不平衡电流
I_{d1}, I_{d2}, I_{d0}	故障点正、负、零序电流		

四、电阻类符号

R	电阻	Z_z	总阻抗
X	电抗	Z_{1z}, Z_{2z}, Z_{0z}	正、负、零序综合阻抗
$Z = R + jX$	阻抗	Z_f	发电机阻抗
Z_l	线路阻抗	Z_{fh}	负荷阻抗
Z_B	变压器阻抗	$Z_{fh\frac{1}{2}min}$	最小负荷阻抗
Z_s	系统阻抗		

五、保护装置及继电器有关参数

$I_{dz\frac{1}{2}bh}$	保护装置的起动电流	$U_{dz\frac{1}{2}j}$	继电器的起动电压
I_h	保护装置的返回电流	$U_{h\frac{1}{2}j}$	继电器的返回电压
$U_{dz\frac{1}{2}bh}$	保护装置的起动电压	$U_{dz\frac{1}{2}j}$	继电器的起动阻抗
U_h	保护装置的返回电压	$Z_{h\frac{1}{2}j}$	继电器的返回阻抗
Z_{ds}	保护装置的起动阻抗	Z_{sd}	继电器的整定阻抗
$I_{dz\frac{1}{2}j}$	继电器的起动电流	I_j	加入继电器的电流
$I_{h\frac{1}{2}j}$	继电器的返回电流	U_j	加入继电器的电压
Z_h	保护装置的返回阻抗	$Z_j = \frac{U_j}{I_j}$	阻抗继电器的测量阻抗

六、常用的系数

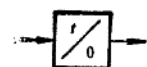
K_k	可靠系数	K_{je}	接线系数
K_h	返回系数	K_{fe}	分支系数
K_{lm}	灵敏系数	K_{sq}	自起动系数
$K_{f,q}$	非周分量影响系数	K_{ph}	配合系数
K_{tz}	同型系数		

七、符号上角注

- (1) 单相接地 (1.1) 两点接地短路

- (2) 两相短路 I、II、III 一、二、三段保护
 (3) 三相短路

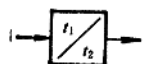
八、电 路 符 号



延时动作瞬时返回电路



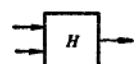
瞬时动作延时返回电路



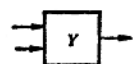
延时动作延时返回电路



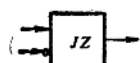
方波形成电路



或门电路



与门电路



禁止门电路

目 录

前言

本书符号说明

第一章 绪论	1
1-1 电力系统继电保护的作用	1
1-2 继电保护的基本原理	2
1-3 继电保护的组成及分类	3
1-4 对继电保护装置的基本要求	5
*1-5 继电保护技术的发展概况	9
第二章 电网相间短路的电流保护	10
2-1 反应单一电气量的继电器	10
2-2 无时限电流速断保护	20
2-3 带时限电流速断保护	23
2-4 定时限过电流保护	28
2-5 相间短路电流保护的接线方式	32
2-6 两段式静态型电流保护装置的介绍	39
2-7 三段式电流保护装置的接线图	43
2-8 电流电压联锁速断保护	45
2-9 电流保护的评价及应用范围	48
第三章 电网相间短路的方向电流保护	50
3-1 方向电流保护的工作原理	50
3-2 功率方向继电器	53
3-3 相间短路保护中功率方向继电器的接线方式	68
*3-4 方向过电流保护装置起动电流的整定和按相起动联接	72
3-5 方向电流保护的评价及应用范围	75
第四章 电网的接地保护	77
4-1 中性点直接接地电网接地短路时的零序电流、零序电压和零序功率	77
4-2 中性点直接接地电网的零序电流保护	79
4-3 中性点直接接地电网的零序方向电流保护	86
4-4 零序电流保护的评价及应用范围	91
4-5 中性点不接地电网的单相接地保护	92
4-6 中性点经消弧线圈接地电网的接地保护	98
第五章 电网的距离保护	104
5-1 距离保护的作用及基本原理	104
5-2 单相式阻抗继电器的动作特性及构成原理	107

5-3	阻抗继电器的接线方式	145
5-4	方向阻抗继电器的分析	151
5-5	多相补偿式阻抗继电器	158
5-6	距离保护装置的振荡闭锁	177
5-7	距离保护电压回路的断线失压闭锁	194
5-8	影响距离保护正确动作的因素	197
5-9	距离保护的整定计算	207
*5-10	距离保护装置举例	210
5-11	距离保护的评价及应用范围	213
第六章	电网的差动保护	214
6-1	线路的纵联差动保护	214
6-2	平行线路横联方向差动保护	222
*6-3	平行线路的电流平衡保护	230
第七章	电网的高频保护	235
7-1	高频保护的作用原理及分类	235
7-2	继电保护的高频通道及工作方式	236
7-3	方向高频保护	242
7-4	距离高频保护	253
7-5	电流相位差动高频保护	256
*7-6	超高压输电线路高频保护的特点	268
*7-7	微波保护与行波保护简介	271
第八章	输电线路的自动重合闸	274
8-1	自动重合闸的作用及其基本要求	274
8-2	单侧电源线路的三相一次自动重合闸	275
8-3	双侧电源线路的三相一次自动重合闸	280
8-4	自动重合闸与继电保护的配合	284
8-5	单相自动重合闸与综合自动重合闸	287
第九章	电力变压器的继电保护	293
9-1	电力变压器的故障、异常运行状态及其保护方式	293
9-2	变压器的差动保护	294
*9-3	变压器的瓦斯保护	332
9-4	变压器的零序保护	334
9-5	变压器相间短路后备保护及过负荷保护	339
*9-6	电力自耦变压器保护的特点	345
第十章	同步发电机的继电保护	348
10-1	发电机的故障、异常运行状态及其保护方式	348
10-2	发电机的纵差保护	350
10-3	发电机定子绕组匝间短路保护	359
10-4	发电机定子绕组单相接地保护	365
10-5	发电机励磁回路接地保护	376

10-6	发电机的失磁保护	386
10-7	发电机相间短路后备保护及过负荷保护	395
*10-8	发电机保护装置接线全图举例	403
第十一章	母线保护	406
11-1	母线的故障及其保护方式	406
11-2	母线差动保护原理	407
11-3	双母线的差动保护	416
*11-4	断路器失灵保护简介	424

第一章 绪 论

1-1 电力系统继电保护的作用

电力系统是由发电机、变压器、母线等电气设备和输电线路及负荷所组成的统一系统，要求安全可靠地向国民经济各部门和城乡用户提供电力。但是，由于绝缘的老化或风雪雷电，以及设备的缺陷、设计安装和运行维护的不当等原因，运行中的设备或输电线路就可能发生故障，也可能出现不正常运行状态。

电力系统中最常见也是最危险的故障，就是各种类型的短路，其中包括三相短路、两相短路、两点接地短路和单相接地短路。此外，还可能发生输电线路的断线，旋转电机（发电机、调相机或电动机）、变压器同一相绕组的匝间短路，以及上述几种故障组合的复杂故障。

在电力系统中发生短路故障时，可能引起如下的严重后果：

- (1) 通过短路故障点的短路电流所燃起的电弧使故障设备或线路烧毁或遭受破坏。
- (2) 短路电流通过非故障的电气设备和输电线路时，由于发热和电动力的作用，将引起电气设备及输电线路的损伤或损坏，导致其使用年限大大缩短。
- (3) 系统中各点的电压大量下降，将破坏用户工作的稳定性，影响产品的质量。
- (4) 破坏电力系统并列运行的稳定性，使系统发生振荡，甚至使整个系统瓦解，造成大面积的停电。

电力系统中最常见的不正常运行情况是过负荷。过负荷就是指电气设备和输电线路通过的负荷电流超过其额定值。长时间的过负荷，将使电气设备的载流部分和绝缘材料过度发热，从而使绝缘加速老化，甚至遭受破坏，引起故障。此外，由于系统发电机的有功功率缺额所引起的频率降低，水轮发电机组突然甩负荷所引起的过电压等，都属于不正常运行情况。

电力系统中发生故障和出现不正常运行情况时，可能引起系统全部或部分正常运行遭到破坏，电能质量变坏到不能容许的程度，以致造成对用户的停止供电或少供电，甚至毁坏设备，这种情况就称为发生了“事故”。为了避免或减少事故的发生，提高电力系统运行的可靠性，必须改进设备的设计制造，保证设计安装和检修的质量，提高运行管理的水平，采取预防事故的措施，尽可能消除发生故障的可能性。在电气设备或输电线路一旦发生了故障时，就必须采取措施尽快地将故障的设备或线路从系统中切除，保证非故障的部分继续安全运行，避免事故的发生，或缩小事故的范围和影响。

由于电力系统是一个整体，电能的生产、传输、分配和使用是同时实现的，各设备之间都有电的或磁的联系。所以，当某一设备或线路发生短路故障时，在很短的瞬间就影响到整个电力系统的其它部分，为此要求切除故障设备或输电线路的时间必须很短，通常切除故障的时间小到十分之几秒到百分之几秒。显然，在这样短的时间内由运行值班人员及

时发现并手动将故障的设备或线路切除是绝对不可能的，只有借助于装设在每个电气设备或线路上的自动装置，即继电保护，才能实现。因此，继电保护的基本任务是：

(1) 当电力系统中的电气设备或输电线路发生短路故障时，继电保护能自动地、迅速地和有选择性地动作，使断路器跳闸，将故障元件从电力系统中切除，以保证系统无故障的部分迅速恢复正常运行，并使故障的设备或线路免于继续遭受破坏。

但是，对于某些不破坏电力系统正常运行的故障，如小电流接地系统的单相接地，继电保护则不必使断路器跳闸，而只作用于信号。

(2) 当电气设备出现不正常运行情况时，根据不正常运行情况的种类和设备运行维护条件（例如有无经常值班人员），继电保护则发出信号，以便由值班人员及时处理，或由装置自动进行调整，或将那些继续运行就会引起损坏或发展成为事故的电气设备切除。

由此可见，继电保护在电力系统中的主要作用是通过预防事故或缩小事故范围来提高系统运行的可靠性，最大限度地保证向用户安全连续供电。因此，继电保护是电力系统重要的组成部分，是保证电力系统安全可靠运行的不可缺少的技术措施。在现代的电力系统中，如果没有专门的继电保护装置，要想维持系统的正常运行是根本不可能的。

1-2 继电保护的基本原理

为了完成上述第一个任务，继电保护装置必须具有正确区分被保护元件是处于正常运行状态还是发生了故障，是保护区内的故障还是区外故障的功能。保护装置要实现这一功能，需根据电力系统发生故障前后电气物理量变化的特征为基础来构成。

电力系统发生故障后，工频电气量变化的主要特征是：

(1) 电流增大 短路时故障点与电源之间的电气设备和输电线路上的电流，将由负荷电流值增大至大大超过负荷电流。

(2) 电压降低 当发生相间短路或接地短路故障时，系统各点的相间电压或相电压值下降，且越靠近短路点的电压越低，短路点的电压为零。

(3) 电流与电压之间的相位角改变 正常运行时电流与电压之间的相位角是负荷的功率因数角，一般约为 20° ；三相短路时，电流与电压之间的相位角是由线路的阻抗角决定的，一般约为 $60^\circ \sim 85^\circ$ ；而在保护反方向三相短路时，电流与电压之间的相位角则是 $180^\circ + (60^\circ \sim 85^\circ)$ 。

(4) 不对称短路时，出现相序分量电流和电压 例如两相及单相短路时，出现负序电流和负序电压分量；单相接地短路时，出现负序和零序电流、电压分量。这些分量在正常运行情况时，是不出现的。

利用短路故障时电气量的变化，便可构成各种原理的继电保护。例如，根据短路故障时电流的增大，可构成过电流保护和电流速断保护；根据短路故障时电压的降低，可构成低电压保护和电压速断保护；根据短路故障时电流与电压之间相角的变化，可构成功率方向保护；根据电压与电流比值($Z = \dot{U}/\dot{I}$)的变化，可构成距离保护；根据故障时被保护元件两端电流相位和大小的变化，可构成差动保护；高频保护则是利用高频通道来传递线

路两端电流相位、大小和短路功率方向信号的一种保护；根据不对称短路故障时出现的电流、电压的相序分量，可构成零序电流保护和负序电流保护及零序和负序功率方向保护。

此外，除了上述反应工频电气量的保护外，还有反应非工频电气量的保护，如超高压输电线路的行波保护和反应非电气量的电力变压器的瓦斯保护等。

对于反应电气设备的不正常运行情况的继电保护，主要是根据不正常运行情况时电流或电压变化的特征来构成的。

1-3 继电保护的组成及分类

继电保护实际上是一种自动控制装置。以控制过程信号性质的不同，可以分为模拟型和数字型两大类。多年来应用的常规继电保护装置都是属于模拟型的，而70年代以来发展的计算机继电保护则属于数字型的。这两类继电保护的基本原理是相同的，但其实现方法和构成却有很大的不同。

模拟型继电保护又可以分为机电型继电保护和静态型继电保护两类。

机电型继电保护是由若干个不同功能的继电器所组成。继电器是一种能自动动作的电器，只要加入某种物理量（如电流或电压等），或者加入的物理量到达一定数值时，它就会动作，其常开接点闭合，常闭接点断开，输出电信号。继电器的工作原理和测量仪表相似。例如，电流继电器与电流表相似；电压继电器与电压表相似；功率方向继电器与功率表相似。每个继电器都由感受元件、比较元件和执行元件三个主要部分组成。感受元件用来测量控制量（如电流、电压等）的变化，并以某种形式传送到比较元件；比较元件将接收的控制量与整定值进行比较，并将比较结果的信号输入执行元件；执行元件执行继电器动作输出信号的任务。继电器按动作原理可分为：电磁型、感应型和整流型等；按反应的物理量可分为：电流、电压、功率方向、阻抗继电器等；按继电器在保护装置中的作用可分为：主继电器（如电流、电压、阻抗继电器等）和辅助继电器（如中间继电器、时间继电器和信号继电器等）。由于这些继电器都具有机械的可动部分和接点，故称为机电型继电器。由这类继电器组成的继电保护装置，称为机电型继电保护。

静态型继电保护装置是应用晶体管或集成电路等电子元件来实现的，由若干个不同功能的回路，如测量、比较或比相、触发、延时、逻辑和输出等回路相联结所组成。具有体积小、重量轻、消耗功率小、灵敏度高、动作快和不怕震动、可以实现无触点等一系列的优点。

模拟型继电保护装置的种类很多，一般而言，它们都由测量回路、逻辑回路和执行回路三个主要部分组成，其原理框图如图1-1所示。测量回路的作用是测量与被保护电气设备或线路工作状态有关的物理量的变化的，如电流、电压等的变化，以确定电力系统是否发生了短路故障，或出现不正常运行情况；逻辑部分的作用是当电力系统发生故障时，根据测量回路的输出信号，进行逻辑判断，以确定保护是否应该动作，并向执行元件发出相应的信号；执行回路的作用是执行逻辑回路的判断，发出切除故障的跳闸脉冲或指示不正常运行情况的信号。

现以最简单的过电流保护装置为例,来说明继电保护的组成和基本工作原理。在图1-2所示线路过电流保护装置的原理接线图中,电流继电器3LJ的线圈接于被保护线路电流互感器2LH的二次回路,这就是保护的测量回路,它监察被保护线路的运行状态,测量线路中电流的大小。在正常运行情况下,线路中通过最大负荷电流时,继电器不动;当被保护线路发生短路故障时,流入继电器3LJ线圈回路的电流增大到短路电流,继电器立即动作,接点闭合,接通逻辑回路中时间继电器4SJ的线圈回路,时间继电器起动并根据短路故障持续的时间进行逻辑判断。若被保护的线路发生短路故障,便作出保护动作的逻辑判断,时间继电器4SJ动作,其延时接点闭合,接通执行回路中的信号继电器5XJ和断路器1DL的跳闸线圈TQ回路,使断路器1DL跳闸,切除故障。

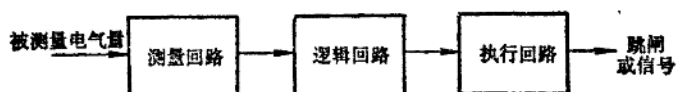


图 1-1 模拟型继电保护装置组成方框图

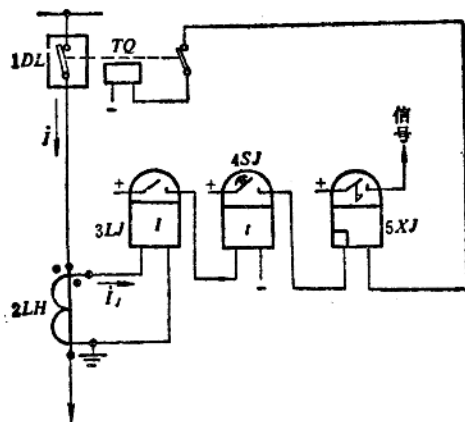


图 1-2 线路过电流保护装置原理图

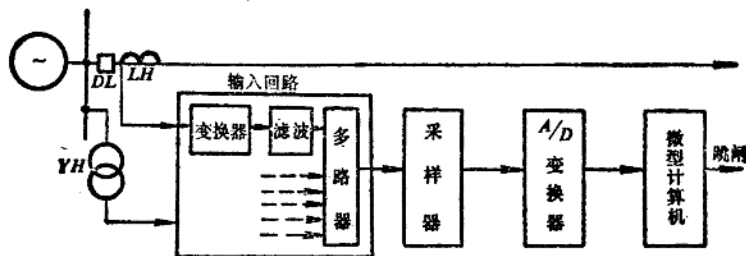


图 1-3 计算机继电保护硬件部分原理框图

数字型的计算机继电保护是把由被保护设备或线路输入的模拟电气量经模/数转换器(A/D)变换为数字量,利用计算机进行处理和判断。计算机由硬件部分和软件部分组成,硬件部分主要采用微型计算机或微处理机来实现,计算机保护硬件部分的原理框图如图1-3所示。被保护设备的或线路的交流电流、电压,经电流互感器LH和电压互感器YH输入

到计算机保护的输入回路。在输入回路中，首先经变换器将 i 和 u 变换为适于保护工作的电压量，再由输入滤波器滤除直流分量、低频分量和高频分量及各种干扰波后，进入多路器，将输入的多个电气量按输入时间先后分开，经采样后送到模/数变换器变换为数字量，最后将数字量送入微型计算机进行运算处理，判断是否发生了短路故障。

软件部分是根据保护的工作原理和动作要求编制的计算程序，不同原理的保护其计算程序不同。计算机继电保护的计算程序是根据保护工作原理的数学模型即数学表达式来编制的，这种数学模型称为计算机继电保护的算法，通过不同的算法便可以实现各种保护的功能。各种类型保护的计算机硬件和外围设备可以是通用的，只要计算程序不同，就可以得到不同原理的保护，而且计算机可以根据系统运行方式的改变自动改变动作的整定值，使保护具有更大的灵活性。保护用计算机有自诊断能力，不断地检查和诊断保护本身的故障，并及时进行处理，大大提高保护装置的可靠性，并能实现快速动作的要求。由于计算机继电保护尚处在研制试验阶段，且属于一专门课题，故本课程未包含这一内容。

电力系统的继电保护根据被保护的对象不同，分为发电厂、变电所电气设备的继电保护和输电线路的继电保护。前者是指发电机、变压器、母线和电动机等元件的继电保护，简称为元件保护；后者是指电力网及电力系统中输电线路的继电保护，简称线路保护。

按作用的不同继电保护又可分为主保护、后备保护和辅助保护。主保护是指被保护元件内部发生各种短路故障时，能满足系统稳定及设备安全要求的、有选择性地切除被保护设备或线路故障的保护。后备保护是指当主保护或断路器拒绝动作时，用以将故障切除的保护。后备保护可分为远后备和近后备两种，远后备是指主保护或断路器拒绝动作时，由相邻元件的保护实现的后备；近后备是指当主保护拒绝动作时，由本元件的另一套保护来实现的后备，当断路器拒绝动作时，由断路器失灵保护实现后备。辅助保护则是指为了补充主保护和后备保护的不足而增设的简单保护。

继电保护装置需有操作电源供给保护回路、断路器跳合闸及信号等二次回路。按操作电源性质的不同，可以分为直流操作电源和交流操作电源。通常在发电厂和变电所中继电保护的操作电源是由蓄电池直流系统供电，因蓄电池是一种独立电源，最大的优点是工作可靠，但缺点是投资较大和维护麻烦。交流操作电源的优点是投资低，维护简便，但缺点是可靠性较差。因此，交流操作电源的继电保护适合于中小型变电所，特别是农村小型变电所中使用。

1-4 对继电保护装置的基本要求

继电保护装置为了完成它的任务，必须在技术上满足选择性、速动性、灵敏性和可靠性四个基本要求。对于作用于断路器跳闸的继电保护，应同时满足这四个基本要求。对于作用于信号以及只反应不正常运行情况的继电保护装置，这四个基本要求中有些要求如速动性可以降低。现将四个基本要求分述如下。

一、选择性

所谓继电保护装置动作的选择性就是指当电力系统中的设备或线路发生短路时，其继

电保护仅将故障的设备或线路从电力系统中切除，当故障设备或线路的保护或断路器拒绝动作时，应由相邻设备或线路的保护将故障切除。

如图1-4所示电网，当线路 L_1 的 d_1 点发生短路故障时，应由故障线路上的保护1和2动作，使断路器1DL和2DL跳闸，将故障线路 L_1 切除，这时变电所B的所有出线和用户仍可由非故障线路 L_2 供电。当 L_2 线路的 d_2 点发生短路故障时，应由该线路的保护5动作，使断路器5DL跳闸，将故障线路 L_2 切除，这时由线路 L_1 供电的变电所C停电，但对于变电所B母线的其它所有引出线和用户仍能继续供电，这样，停电范围限制在最小。保护装置的上述动作，称为有选择性的动作。

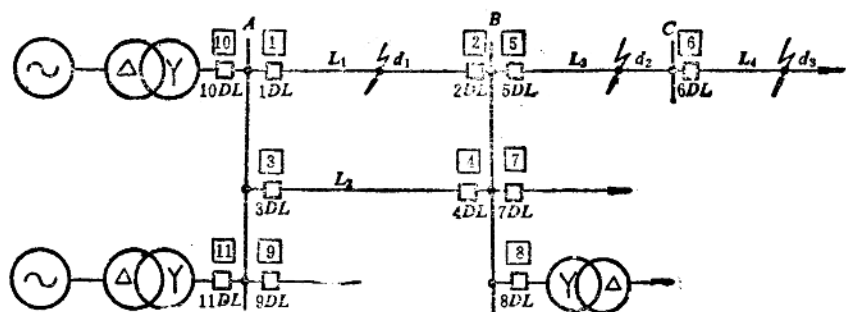


图 1-4 电网有选择性地切除故障的说明图

又如当线路 L_2 的 d_2 点发生短路故障时，如果该线路的保护6或断路器6DL拒绝动作，这时应由线路 L_2 的保护5动作，使断路器5DL跳闸，将 L_2 线路的故障切除，保护装置5起着线路 L_2 的后备保护作用，这种情况下保护装置5的动作也是有选择性的动作。显而易见，后备保护的必要性在于：如果故障元件的保护或断路器拒动时，就在后备保护的作用下，迅速切除故障，这时虽然扩大了一些停电范围，但是，如果没有后备保护，则故障设备或线路无法自动切除，必将造成更严重的后果。

总之，要求继电保护装置有选择性地动作，是提高电力系统供电可靠性的基本条件，保护装置无选择性的动作，又没有采取措施（如线路的自动重合闸）予以纠正，是不允许的。

二、速动性

所谓速动性就是指继电保护装置应能尽快地切除故障。对于反应短路故障的继电保护，要求快速动作的主要理由和必要性在于：

（1）快速切除故障可以提高电力系统并列运行的稳定性。如图1-5所示电网，当在靠近A电厂出线的 d 点发生了短路故障时，A电厂母线电压将大大下降到接近于零，使发电厂A送不出负荷，发电机转速迅速升高。在B电厂母线，则由于远离短路点，还有较高的残压，仍能送出一定的负荷，发电机转速升高不多，于是，A、B两厂的发电机产生转差。如果保护动作时间较长，A、B两厂的发电机转差增大，使系统发生振荡甚至解列。如果短路故障能迅速切除时，则A、B两厂发电机的转差将减小，短路故障切除后就很容易

易再拉入同步，恢复正常运行。因此，快速切除故障是提高系统并列运行稳定性，防止系统事故的一项重要措施。通常220kV及以上电压的高压和超高压电力系统继电保护的动作时间，主要就根据保持电力系统动态稳定的要求来确定。

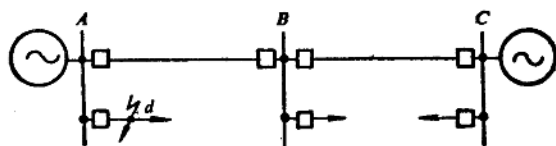


图 1-5 电力系统并列运行示意图

(2) 快速切除故障可以减少发电厂厂用电及用户电压降低的时间，加速恢复正常运行过程，保证厂用电及用户工作的稳定性。因为当电力系统中发生短路故障时，系统各点电压大大降低，发电厂和用户的电动机转速减小乃至被制动。若电压下降的时间较长，则电动机就要停止运转，使生产停顿。特别是发电厂厂用电动机停转，将造成停机的严重后果。如果短路故障快速切除，系统各点电压就能很快恢复，电动机容易自起动，迅速恢复正常运行。因此，快速切除短路故障，所有电动机在故障切除后都可以继续正常运行，因而保证发电厂和用户工作的稳定性。通常要求在发电厂母线上的引出线上发生短路故障，机端母线电压下降到额定电压60%以下时，必须无时限地切除故障。

(3) 快速切除故障可以减轻电气设备和线路的损坏程度。因为短路故障时故障点流过很大的短路电流，引起电气设备发热和承受电动力的作用，因而使电气设备遭到严重的损坏。短路电流通过的时间愈长，则设备损坏的程度就愈严重，甚至烧毁，特别在发电机、变压器的内部短路时，是不允许带时限切除故障的。

(4) 快速切除故障可以防止故障的扩大，提高自动重合闸和备用电源或设备自动投入的成功率，因为短路故障点常产生电弧，短路持续的时间愈长，电弧燃烧时间也就愈长，因而可能使接地故障扩展为相间短路，两相短路扩展为三相短路，甚至使暂时性故障扩展为永久性故障。快速切除故障，故障点的电弧便迅速熄灭，防止了故障的扩大。

从上述理由可知，快速切除故障，对提高电力系统运行的可靠性具有重大的意义。切除故障的时间是指从发生短路故障的时刻起到断路器跳闸电弧熄灭为止的时间，它等于继电保护装置的动作时间与断路器跳闸时间之和。所以，为了保证快速切除故障，除了加快保护装置的动作时间之外，还必须采用快速跳闸的断路器。

一般快速保护的动作时间为0.08~0.12s，一般断路器的跳闸时间为0.1~0.15s，因此，一般快速保护切除故障的时间为0.18~0.27s；最快速保护的动作时间为0.02~0.03s，最小的断路器跳闸时间为0.04~0.05s，所以，最快速保护切除故障的时间为0.06~0.08s。

但是，应当指出，要求保护切除故障达到最小时间并不是在任何情况下都合理的，故必须根据技术经济条件来确定。实际上，对不同电压等级和不同结构的网络，切除故障的最小时间有不同的要求。例如，对于35~66kV配电网，一般为0.5~0.7s；110~330

kV高压电网, 约为0.15~0.3s; 500kV及以上电压的超高压电网, 约为0.1~0.12s。目前国产的继电保护装置, 在一般情况下, 完全可以满足上述电网对快速切除故障的要求。

对于反应不正常运行情况的继电保护装置, 一般不要求快速动作, 而应按照选择性的条件, 带延时地发出信号。

三、灵敏性

所谓继电保护装置的灵敏性是指电气设备或线路在被保护范围内发生短路故障或不正常运行情况时, 保护装置的反应能力。能满足灵敏性要求的继电保护, 在规定的保护范围内故障时, 不论短路点的位置和短路的性质如何, 都能正确反应动作, 即要求不但在系统最大运行方式下三相短路时能可靠动作, 而且在系统最小运行方式下经过较大的过渡电阻的两相或单相短路故障时也能可靠动作。

所谓系统最大运行方式, 就是在被保护线路末端短路时, 系统等效阻抗最小, 通过保护装置的短路电流为最大的运行方式; 系统最小运行方式, 就是在同样短路故障情况下, 系统等效阻抗为最大, 通过保护装置的短路电流为最小的运行方式。

保护装置的灵敏性是用灵敏系数来衡量。灵敏系数表示为:

(1) 对于反应故障参数量增加(如过电流)的保护装置:

$$\text{灵敏系数} = \frac{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最小计算值}}{\text{保护装置动作参数的整定值}}$$

(2) 对于反应故障参数量降低(如低电压)的保护装置:

$$\text{灵敏系数} = \frac{\text{保护装置动作参数的整定值}}{\text{保护区末端金属性短路时故障参数的最大计算值}}$$

故障参数如电流、电压和阻抗等的计算, 应根据实际可能的最不利的运行方式和故障类型来进行。对不同作用的保护及被保护的设备和线路, 所要求的灵敏系数不同, 它们的数值在《继电保护和安全自动装置技术规程》中都有规定。一般对主保护要求灵敏系数不小于1.5~2; 对后备保护则要求不小于1.2~1.5。

总之, 继电保护装置的灵敏性就是电气设备和线路在被保护范围内发生短路故障时, 满足一定灵敏系数的要求性质。

四、可靠性

所谓保护装置的可靠性是指在保护范围内发生的故障该保护应该动作时, 不应该由于它本身的缺陷而拒绝动作; 而在不属于它动作的任何情况下, 则应该可靠不动作。

要求继电保护装置有很高的可靠性是非常重要的。因为, 保护装置的拒绝动作或误动作, 都将给电力系统和用户带来严重的损失。所以, 在设计、安装和维护继电保护装置时, 必须满足可靠性的要求。

保护装置动作不可靠的主要原因是: 继电器及元件质量差, 安装调试质量不高, 运行维护不当以及设计和整定计算的错误等。因此, 为了提高保护装置的可靠性, 应选用可能的最简单的保护方式, 采用质量高、动作可靠的继电器或元件, 采用尽可能简单的回路来构成, 并采取必要的检测、闭锁和双重化等措施; 保护装置要便于整定、调试和运行维护; 要正确地进行设计和整定计算, 保证安装、调试质量, 提高运行维护水平。